

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: X2007223012

UDC _____



硕 士 学 位 论 文

Harmonas-DEO 在循环流化床锅炉中的应用

Application of Harmonas-DEO in Circulating Fluidized Bed Boiler

范志刚

指导教师姓名: 刘瞰东 副教授

专 业 名 称: 控制工程

论文提交日期: 2010 年 月

论文答辩时间: 2010 年 12 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2010 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名): 范志刚

2010 年 12 月 05 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：范志刚

2010 年 12 月 05 日

Harmonas-DE0 在循环流化床锅炉中的应用

摘要

我国是产煤大国，也是用煤大国，一次能源消耗中，煤约占 76%，而其中 84% 是直接用于燃烧的。由于燃烧技术不高，使得燃烧不够充分，以至于每年因煤燃烧有 87% 的 SO_2 和 67% NO_x 排入大气，造成严重的环境污染。因此优化煤电锅炉的燃烧控制，发展高效、低污染的清洁燃烧技术是当前亟待解决的问题。循环流化床锅炉是一种高效率、清洁型的锅炉，在热、电项目中被广泛使用。然而其工艺控制的对象有着多变量、非线性、时变和强耦合大滞后的特点。所以一套优质高效的 DCS 控制系统则是十分必要的。

本文以厦门某热电厂 $3 \times 220\text{t/h}$ 循环流化床锅炉、 $1 \times 100\text{MW}$ 汽轮发电机项目为背景，首先对循环流化床锅炉在国内外的发展历程进行了回顾，并对其发展现状进行了概述。接着对循环流化床锅炉工作原理进行分析，并总结了其燃烧工艺上的特点和优点。然后对厦门某电厂热电厂的循环流化床锅炉主要系统的工艺要求、设计规范进行了详细的介绍。并由此引入日本山武公司的分散控制系统（Harmonas-DE0）。最后对该系统软件、硬件、网路等的功能、特点进行了描述，并详述了 DCS 系统的组态方案，包括数据采集、网路架构、自动控制程序原理和编程等。

本文所述 DCS 控制方法的不仅达到了循环流化床锅炉的控制效果，其高压变频器在送、引风机上的使用更是在节能降耗方面取得了突出的成绩。该控制系统的设计可为将来的大型循环流化床锅炉控制系统的开发提供借鉴。由于时间限制，本次研究对象不包括汽轮发电机，故不对其功能控制做详细描述。

关键词：循环流化床锅炉；DCS；山武

Application of Harmonas-DEO in Circulating Fluidized Bed Boiler

ABSTRACT

China is a major coal producer and consumer. In primary energy consumption, coal accounts for about 76%, of which 87% is used directly for combustion. As the burning technology is not high, so burning inadequate, resulting in the burning of coal every year, 87% of the SO₂ and 67% NO_x into the atmosphere, resulting in serious environmental pollution. Therefore, optimization of coal boiler combustion control, development of efficient, low-pollution clean-burning technology is a pressing problem. The Circulating Fluidized Bed Boiler (CFBB) is a high efficient and clean type boiler. Application in the heat, electricity projects widely. It is a control object whose features have distributing parameter, non-linear, time-variable, great coupling, and the time of large lag. So a set of high-quality and high-efficiency DCS control system is very necessary.

This article describes the Dragon Special Resin (Xiamen) Co., Ltd. $3 \times 220\text{t} / \text{h}$ circulating fluidized bed boiler, $1 \times 100\text{MW}$ turbo generator DCS by Yamatake distributed control system (Harmonas-DEO). Description of its control by analysis of their energy saving way for future large-scale circulating fluidized bed boiler control system developed.

DCS control method described in this article not only achieved the effect of circulating fluidized bed boiler control, but also the high-voltage transducer that is used in the sending, drawing fan in the energy saving achieved outstanding results. The control system's design can be developed for future large-scale circulating fluidized bed boiler control system. Due to time constraints, this study did not include the generator, so do not detailed description the control of its function.

Key Words: Circulating Fluidized bed Boiler; DCS; YAMATAKE

目录

第一章 循环流化床锅炉的简介	1
一、CFB 的发展历程	1
1、国外循环流化床锅炉发展现状	1
2、国内循环流化床锅炉发展现状	1
二、循环流化床锅炉原理	2
三、循环流化床的特点及优点	2
1、循环流化床燃烧锅炉的基本技术特点	2
2、循环流化床锅炉的优点	3
第二章 热电厂循环流化床锅炉主要系统介绍	6
一、锅炉本体	6
二、汽包及汽包内部设备	6
三、过热器系统及其调温装置	7
四、给煤系统	7
五、风系统	7
1、流化风系统	8
2、二次风系统	8
3、省煤器	8
4、空气预热器	8
5、排渣系统	8
6、吹灰装置	9
7、其他	9
六、石灰石系统	9
七、点火系统	9
八、返料系统	10
九、炉膛及水冷壁	10
第三章 Harmonas-DE0 系统	11
一、Harmonas-DE0 系统由来	11
二、Harmonas-DE0 的特点	11
1、开放式结构	11
2、安全可靠	12
3、配置及扩展灵活方便	12
4、系统容量大	12
5、通信速度快	12
6、简便的工程技术环境 (RTC)	13
三、Harmonas-DE0 的软件工作平台	13
1、RTC Edit	13
2、RTC Runtime	21
四、Harmonas-DE0 的硬件工作平台	22
1、系统构成概要	22
2、主要构成设备	23
第四章 Harmonas-DE0 在 CFB 中的应用	29
一、DCS 实现的功能	29
1、数据采集系统 (DAS)	29

2、模拟量控制系统（MCS）	29
3、顺序控制系统（SCS）	30
4、锅炉炉膛安全监控系统（FSSS）	30
二、控制系统网络架构	32
1、网络结构概述上位机硬件配置	32
2、硬件配置	33
3、网络拓扑图	35
第五章 CFB 中的自动控制系统	37
一、负荷指令调节系统	37
二、风量分配调节系统	40
三、炉膛压力调节系统	45
四、给煤量调节系统	54
五、石灰石量调节系统	57
六、启动燃烧器燃油流量调节	59
七、启动燃烧器风量调节	64
八、汽包水位调节系统	65
九、床温调节系统	71
十、床压调节系统	73
十一、底灰排放量、温度调节系统	75
第六章 结论	83
参考文献	85
致谢	86

CATALOGUE

CHAPTER1 Introduction of CFBB	1
1、 The course of development of CFB	1
1、 The foreign status of CFB development	1
2、 The domestic status of CFB development	1
2、 Principles of CFB	2
3、 The characteristics and advantages of CFB	2
1、 The basic technical characteristics of CFB	2
2、 Advantages of CFB	3
CHAPTER2 Introduced OF DSR'S CFB	6
1、 Boiler	6
2、 Drum and drum internal equipment	6
3、 Thermal system and its thermostat device	7
4、 Coal feeding system	7
5、 Air system	7
1、 Flow of air system	8
2、 Secondary air system	8
3、 Economizer	8
4、 Air preheater	8
5、 Slagging System	8
6、 Blowing device	9
7、 Others	9
6、 Limestone System	9
7、 Ignition system	9
8、 Back to feeding system	10
9、 Furnace and water wall	10
CHAPTER3 Harmonas-DEOs system	11
1、 Harmonas-DEO system origin	11
2、 Harmonas-DEO features	11
1、 Open architect	11
2、 Safe and reliable	12
3、 Flexible configuration and expansion	12
4、 System capacity	12
5、 Communication speed	12
6、 Simple engineering environment (RTC)	13
3、 Harmonas-DEO's software working platform	13
1、 RTC Edit	13
2、 RTC Runtime	21
4、 Harmonas-DEO hardware working platform	22
1、 The system constitutes'summary	22
2、 The main form equipment	23
CHAPTER4 Harmonas-DEO application in CFB	29
1、 DCS functions to achieve	29
1、 The data acquisition system (DAS)	29
2、 Analog Control System (MCS)	29
3、 Sequence control system (SCS)	30

4、Boiler furnace safety supervisory system (FSSS).....	30
2、The control system network architecture	32
1、PC hardware configuration	32
2、Hardware configuration.....	33
3、Network topology	35
CHAPTER5 The control system of CFB	37
1、The load instruction conditioning system.....	37
2、Distribution of conditioned air flow	40
3、Furnace pressure control system.....	45
4、Coal volume control system	54
5、Limestone volume control system	57
6、Start the burner fuel flow control	59
7、Start the burner regulated air volume.....	64
8、Drum water level conditioning.....	65
9、Bed Temperature Control System.....	71
10、Bed pressure regulation system	73
11、Bottom ash emissions, temperature control system	75
CHAPTER6 Conclusion	83
References.....	85
Thanks	86

第一章 循环流化床锅炉的简介

一、循环流化床锅炉的发展历程

循环流化床锅炉(CFBB)的前身是沸腾炉,也称鼓泡床,它是德国人温克勒于1921年发明的。循环流化床锅炉真正成为具有工业使用价值是在二十世纪五六十年代,而国外CFBB的研究始于二十世纪六七十年代,它是从鼓泡床沸腾炉和化工行业的CFB工艺发展而来的。

1、国外循环流化床锅炉发展现状

目前国外虽然开发研制、生产CFBB的公司、厂商较多,但从CFBB设计结构特点上主要可分为三大流派:德国鲁奇(Lurgi)公司为代表的鲁奇型CFBB、芬兰奥斯龙公司的百炉宝(Pyroflow)型CFBB和美国福斯特·惠勒(Foster Wheeler)公司的CFBB。

2、国内循环流化床锅炉发展现状

我国早在70年代初就开始研究和开发流化床燃烧技术,经过近20年的研究实践,已成功地开发研制出了20t/h, 35t/h, 65t/h, 75t/h, 130t/h和220t/h等容量等级的CFB锅炉。目前国内已有多家锅炉制造厂引进了大型CFB锅炉设计制造技术,其中哈尔滨锅炉厂已引进德国EVT公司125MW CFB锅炉的有关技术,积极开发循环流化床锅炉;东方锅炉厂于1994年初与美国福斯特·惠勒(简称FW)公司签订了“大型循环流化床锅炉许可证技术”转让合同。合同书规定:在15年合同有效期内福斯特·惠勒公司和东方锅炉厂在CFB技术上新成果双方将无偿共享。125MW超高压中间再热式CFB锅炉的成套设计是“九五”国家重点科技攻关项目,该科技攻关项目由国家科学技术部主持,采取锅炉厂和国内科研院所合作的方式,共同完成420t/h(125MW)CFB锅炉的成套设计,总体设计方案包括125MW CFB锅炉本体、系统配备和自控系统在内。在整个锅炉技术方案的论证过程中,主要围绕锅炉技术方案的可靠性及突破国外CFB的专利方面开展了大量的工作,使得最终125MW CFB技术方案突破引进技术和国外专利的限制,取得自主发展我国CFB的权利和能力。目前,在更大容量方面,国内三大锅炉企业合作,共同引进了Alstom公司1025t/h(300MW)容量级CFBB的制造技术。哈锅和东锅也

已分别有两台 300MW 级 CFBB 运行,而上锅还没有 300MW 级 CFBB 运行。由上述可知,从引进到自行设计制造,近年来我取得了可喜的发展,我国 CFBB 发展迅速,在 CFBB 大型化方面已与世界水平的差距正在逐步缩小。

二、循环流化床锅炉原理

固体粒子经与气体或液体接触而转变为类似流体状态的过程,称为流化过程。流化过程用于燃料燃烧,即为流化燃烧,其炉子称为流化床锅炉。

循环流化床锅炉是在鼓泡流化床锅炉技术的基础上发展起来的新炉型,它与鼓泡床锅炉的最大区别在于炉内流化风速较高(一般为 $4\sim 8\text{m/s}$),在炉膛出口加装了气固物料分离器。被烟气携带排出炉膛的细小固体颗粒,经分离器分离后,再送回炉内循环燃烧。循环流化床锅炉可分为两个部分:第一部分由炉膛(快速流化床)、气固物料分离器、固体物料再循环设备和外置热交换器(有些循环流化床锅炉没有该设备)等组成,上述部件形成了一个固体物料循环回路。第二部分为对流烟道,布置有过热器、再热器、省煤器和空气预热器等,与其它常规锅炉相近。

循环流化床锅炉燃烧所需的一次风和二次风分别从炉膛的底部和侧墙送入,燃料的燃烧主要在炉膛中完成,炉膛四周布置有水冷壁用于吸收燃烧所产生的部分热量。由气流带出炉膛的固体物料在气固分离装置中被收集并通过返料装置送回炉膛。

三、循环流化床的特点及优点

循环流化床锅炉独特的流体动力特性和结构使其具备有许多独特的优点,以下分别加以简述。

1、循环流化床燃烧锅炉的基本技术特点

1.1、低温的动力控制燃烧

循环流化床燃烧是一种在炉内使高速运动的烟气与其所携带的湍流扰动极强的固体颗粒密切接触,并具有大量颗粒返混的流态化燃烧反应过程;同时,在炉外将绝大部分高温的固体颗粒捕集,并将它们送回炉内再次参与燃烧过程,反复循环地组织燃烧。显然,燃料在炉膛内燃烧的时间延长了。在这种燃烧方式下,炉内温度水平因受脱硫最佳温度限制,一般 850°C 左右。这样的温度远低于普通煤粉炉中的温度水平,并低于一般煤的灰熔点,这就免去了灰熔化带来的种种烦恼。这种“低温燃烧”方式好处甚多,炉内结渣及碱金属析出均比煤粉炉中要改

善很多,对灰特性的敏感性减低,也无须很大空间去使高温灰冷却下来,氮氧化物生成量低,可于炉内组织廉价而高效的脱硫工艺,等等。从燃烧反应动力学角度看,循环流化床锅炉内的燃烧反应控制在动力燃烧区(或过渡区)内。由于循环流化床锅炉内相对来说温度不高,并有大量固体颗粒的强烈混合,这种情况下的燃烧速率主要取决于化学反应速率,也就是决定于温度水平,而物理因素不再是控制燃烧速率的主导因素。循环流化床锅炉内燃料的燃尽度很高,通常,性能良好的循环流化床锅炉燃烧效率可达 95~99% 以上。

1.2、高速度、高浓度、高通量的固体物料流态化循环过程

循环流化床锅炉内的固体物料(包括燃料、残炭、灰、脱硫剂和惰性床料等)经历了由炉膛、分离器和返料装置所组成的外循环。同时在炉膛内部因壁面效应还存在着内循环,因此循环流化床锅炉内的物料参与了外循环和内循环两种循环运动。整个燃烧过程以及脱硫过程都是在这两种形式的循环运行的动态过程中逐步完成的。

1.3、高强度的热量、质量和动量传递过程

在循环流化床锅炉中,大量的固体物料在强烈湍流下通过炉膛,通过人为操作可改变物料循环量,并可改变炉内物料的分布规律,以适应不同的燃烧工况。在这种组织方式下,炉内的热量、质量和动量传递过程是十分强烈的,这就使整个炉膛高度的温度分布均匀。

2、循环流化床锅炉的优点

1.1、燃料适应性广

这是循环流化床锅炉的主要优点之一。在循环流化床锅炉中按重量计,燃料仅占床料的 1~3%,其余是不可燃的固体颗粒,如脱硫剂、灰渣等。因此,加到床中的新鲜煤颗粒被相当于一个“大蓄热池”的灼热灰渣颗粒所包围。由于床内混合剧烈,这些灼热的灰渣颗粒实际上起到了无穷的“理想拱”的作用,把煤料加热到着火温度而开始燃烧。在这个加热过程中,所吸收的热量只占床层总热容量的千分之几,因而对床层温度影响很小,而煤颗粒的燃烧,又释放出热量,从而能使床层保持一定的温度水平,这也是流化床一般着火没有困难,并且煤种适应性很广的原因所在。

1.2、燃烧效率高

循环流化床锅炉的燃烧效率要比鼓泡流化床锅炉高,通常在 95~99% 范围

内，可与煤粉锅炉相媲美。循环流化床锅炉燃烧效率高是因为有下述特点：气固混合良好；燃烧速率高，其次是飞灰的再循环燃烧。

1.3、高效脱硫

由于飞灰的循环燃烧过程，床料中未发生脱硫反应而被吹出燃烧室的石灰石、石灰能送回至床内再利用；另外，已发生脱硫反应部分，生成了硫酸钙的大粒子，在循环燃烧过程中发生碰撞破裂，使新的氧化钙粒子表面又暴露于硫化反应的气氛中。这样循环流化床燃烧与鼓泡流化床燃烧相比脱硫性能大大改善。当钙硫比为 1.5~2.0 时，脱硫率可达 85~90%。而鼓泡流化床锅炉，脱硫效率要达到 85~90%，钙硫比要达到 3~4，钙的消耗量大一倍。与煤粉燃烧锅炉相比，不需采用尾部脱硫脱硝装置，投资和运行费用都大为降低。

1.4、氮氧化物（NOX）排放低

氮氧化物排放低是循环流化床锅炉另一个非常吸引人的特点。运行经验表明，循环流化床锅炉的 NOX 排放范围为 50~150ppm 或 40~120mg/MJ。循环流化床锅炉 NOX 排放低是由于以下两个原因：一是低温燃烧，此时空气中的氮一般不会生成 NOX；二是分段燃烧，抑制燃料中的氮转化为 NOX，并使部分已生成的 NOX 得到还原。

1.5、燃烧强度高，炉膛截面积小

炉膛单位截面积的热负荷高是循环流化床锅炉的另一主要优点。其截面热负荷约为 3.5~4.5MW/m²，接近或高于煤粉炉。同样热负荷下鼓泡流化床锅炉需要的炉膛截面积要比循环流化床锅炉大 2~3 倍。

1.6、负荷调节范围大，负荷调节快

当负荷变化时，只需调节给煤量、空气量和物料循环量，不必像鼓泡流化床锅炉那样采用分床压火技术。也不象煤粉锅炉那样，低负荷时要用油助燃，维持稳定燃烧。一般而言，循环流化床锅炉的负荷调节比可达（3~4）：1。负荷调节速率也很快，一般可达每分钟 4%。

1.7、易于实现灰渣综合利用

循环流化床燃烧过程属于低温燃烧，同时炉内优良的燃尽条件使得锅炉的灰渣含炭量低（含炭量小于 1%），属于低温烧透，易于实现灰渣的综合利用，如作为水泥掺和料或做建筑材料。同时低温烧透也有利于灰渣中稀有金属的提取。

1.8、床内不布置埋管受热面

循环流化床锅炉的床内不布置埋管受热面,因而不存在鼓泡流化床锅炉的埋管受热面易磨损的问题。此外,由于床内没有埋管受热面,启动、停炉、结焦处理时间短,可以长时间压火等。

1.9、燃料预处理系统简单

循环流化床锅炉的给煤粒度一般小于 13mm,因此与煤粉锅炉相比,燃料的制备破碎系统大为简化。

1.10、给煤点少

循环流化床锅炉的炉膛截面积小,同时良好的混合和燃烧区域的扩展使所需的给煤点数大大减少。既有利于燃烧,也简化了给煤系统。

第二章 热电厂循环流化床锅炉主要系统介绍

一、锅炉本体

本锅炉系高温、高压、单汽包、自然循环蒸汽锅炉，采用循环流化床燃烧方式，高温分离。

锅炉主要由四部分组成：燃烧室、高温旋风分离器、返料密封装置和尾部对流烟道。燃烧室位于锅炉前部，四周和顶棚布置有膜式水冷壁，底部为略向前倾斜的水冷布风板，炉膛上部与前墙垂直布置有 5 片二级过热器。燃烧室后有两个平行布置的旋风分离器相连接。燃烧室、旋风分离器和密封返料装置构成飞灰循环回路。尾部对流烟道在锅炉后部，烟道上部的四周及顶棚由包墙过热器组成，其内沿烟气流程依次布置有三级过热器和一级过热器，下部烟道内依次布置有省煤器和卧式空气预热器，一、二次风平行布置。

锅内采用单段蒸发系统，下降管采用集中与分散相结合的供水方式。过热蒸汽温度采用二级喷水减温调节。

锅炉采用露天布置，构架采用全钢焊接结构，按 8 级地震裂度设计。

锅炉采用支吊结合的固定方式，除空气预热器为支撑结构外，其余均为悬吊结构，为防止因炉内爆燃引起水冷壁和炉墙的破坏，本锅炉设有钢性梁。锅炉设有膨胀中心为原点自由膨胀。

二、汽包及汽包内部设备

汽包内径	$\phi 1372 \text{ mm}$
汽包厚度	89 mm
汽包筒身长	10000 mm
汽包全长	11560 mm
汽包材料	SA516-70
汽包正常水位	汽包中心线以下 152 mm
水位正常波动值	-50 ~ +50 mm

汽包内采用单段蒸发系统，布置有旋风式汽水分离器，清洗滤网和顶部清洗滤网等内部设备。

汽包内的汽水分离器分前后两排沿汽包筒身全长布置,汽水混合物采用分集式系统引入汽水分离器,每只汽水分离器平均分担负荷。

汽水混合物切向进入汽水分离器进行汽水分离,饱和蒸汽经过清洗滤网的清洗后进入饱和蒸汽引出管。

为防止大口径下降管入口产生旋涡和造成下降管带汽,下降管入口处装有十字板。

为保证良好的炉水和蒸汽品质,在汽包内装有磷酸盐加药管和连续排污管。

三、过热器系统及其调温装置

本锅炉过热器采用辐射和对流相结合,并配以二级喷水减温器系统。

饱和蒸汽从汽包 4 根 $\varnothing 150 \times 12\text{mm}$ 的管道引至包墙过热器的侧墙上联箱,经过管径 $\varnothing 44.5 \times 4.8\text{mm}$ 的包墙管下行至侧墙及前墙下联箱,上行经中间联箱至前墙上联箱经顶棚、后墙下行至一级过热器入口联箱,经一级过热器(管径均为 $\varnothing 38.0 \times 4.2\text{mm}$)至一级过热器出口联箱,然后进入二级过热器($\varnothing 38.0 \times 5.4\text{mm}$)入口联箱上行至出口联箱,引出两根 $\varnothing 250\text{mm}$ 的蒸汽管道交叉后进入三级过热器($\varnothing 38.0 \times 5.2\text{mm}$)入口联箱,经三级过热器至出口联箱,由一根 $\varnothing 300\text{mm}$ 的管道引出到出口联箱,在这根管上分接一根 $\varnothing 125\text{mm}$ 的向空排汽管和一根 $\varnothing 20\text{mm}$ 的取样管。

过热蒸汽从一级过热器出来后,经过一级喷水减温器进行一级减温,过热蒸汽经一级减温后进入屏式过热器(二过),屏式过热器布置在炉膛上部,再经过连接管交叉后引至二级喷水减温器进行二级减温,最后经三级过热器再加热后进入主蒸汽联箱。

四、给煤系统

给煤系统为两级给煤,前墙布置。一级给煤机为 4 台电子称重式给煤机(15t/h),采用变频控制,可调节给煤量,二级给煤机为 4 台螺旋给煤机(15t/h)与炉膛连接。螺旋给煤机与落煤管通过膨胀节相连,解决给煤机与炉膛水冷壁之间的膨胀差。给煤装置能够满足当二台给煤机故障时,其余二台给煤机 100%出力,仍能保证锅炉满负荷运行。入炉煤经称重式给煤机后,途经带有盘管干燥器的落煤管、手动插板阀、气动插板阀,经螺旋给煤机,在距布风板 1.5m 处进入炉膛,进煤口的根部有播煤风,给煤借助播煤风的推动均匀地散落在炉膛内。

五、风系统

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库